



Universidade de Brasília

**FACULDADE UnB PLANALTINA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS**

Aprimorando a Elastografia com Sensor de Força

**Autor: George Sebastian
Orientador: Ivan F. da Costa**

Junho 2016



Universidade de Brasília

**FACULDADE UnB PLANALTINA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS**

Aprimorando a Elastografia com Sensor de Força

**Autor: George Sebastian
Orientador: Ivan F. da Costa**

Aprimorando a Elastografia com Sensor de Força

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora, como exigência parcial para a obtenção de título de Licenciado do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais, da Faculdade UnB Planaltina, sob a orientação do Prof.(a).Dr.(a) Ivan F. da Costa

**Planaltina - DF
Junho – 2016**

Resumo:

Este trabalho consiste numa tentativa de aprimorar a elastografia com ultrassom. E para isto buscamos uma forma de medir a força, que é aplicada na ponta da prova do ultrassom, para que essa força, juntamente com a imagem feita pelo ultrassom, na qual saberemos a forma do objeto que se quer conhecer, antes e depois da força ser aplicada, então sabendo a força e a deformação, podemos calcular quantitativamente, a diferença de rigidez dos dois corpos, na qual esse valor elástico pode ser usado para diversos fins. Como estudos para conhecermos como nosso corpo funciona, e conseguir diferenciar mais cedo nódulos de câncer, que atualmente o método mais utilizado é o toque e a biopsia.

Palavras chaves: Elastografia; Arduino; Sensor de Força; Leitura de Força;

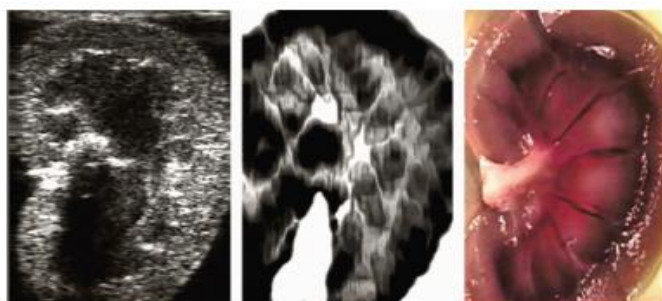
1. Introdução:

1.0.1. Elastografia:

Para se diagnosticar alguns tipos de câncer é usado a elastografia, que é uma imagem de ultrassom que consegue identificar a diferença de dureza dos corpos. Contudo, este exame não consegue nos mostrar o quão mais rígido é esse corpo estranho, de uma forma numérica. Contudo havendo esse corpo mais rígido, nem sempre o mesmo será um câncer, necessitando ser realizada uma biopsia, para que então seja feita os testes, que de acordo com sua rigidez, terá certeza de que se trata de um tumor cancerígeno ou não.

Rim de carneiro
em corte longitudinal. Da esquerda
para direita, ultra-sonografia
convencional (modo B), imagem
elastográfica e fotografia do corte
anatômico correspondente

(Imagens de PAVAN;NEVES;CARNEIRO)



Nessa elastografia por imagem de ultrassom, é feita duas imagens. Uma antes de ser aplicada certa força e outra depois de ser aplicada. Quando um corpo é submetido a uma força, esse corpo se deformará de acordo com sua elasticidade. Na elastografia a imagem do antes e depois mostra como os diferentes tecidos do corpo se deformam internamente depois de ser aplicada a força, sendo que as partes mais rígidas se deformam menos e as mais elásticas se deformam mais segundo Pavan (2008).

No caso mais simples em uma dimensão teríamos a Lei de Hooke, na qual a equação $F \text{ (Força)} = -k(\text{constante elástica}) \times (\text{posição da mola em relação ao ponto de equilíbrio})$. Com a imagem de ultrassom conseguimos obter a posição do antes e depois. Com o sensor tentaremos obter a força. Usando assim cálculos de engenharia reversa para obtermos a constante elástica do corpo que se pretende medir.

1.1. **Justificativa:** A leitura da força é importante porque é através dela que será possível, utilizando programas de computadores, que uniram esta força, e imagens da deformação antes e depois, da força ser aplicada. Com esta união será possível calcular a diferença de rigidez de dois corpos diferentes. Como exemplo, o nódulo de câncer de mama, possui uma rigidez maior que a do tecido mamário saudável, de forma que com o processo da elastografia seria possível obter imagens sem nenhuma força aplicada e logo em seguida com uma certa força sendo aplicada. Nosso trabalho é medir essa força aplicada, para assim poder obter dados para se calcular a diferença de elasticidade entre os dois corpos. Segundo Pavan (2008) na elastografia por ultrassom, ele fala um pouco sobre essa diferença de rigidez, e como se poderia calcular essas constantes elásticas.

Nosso trabalho estará envolvendo indiretamente a elastografia, porém nossa principal tarefa, é medir as forças de forma rápida e aceitáveis, para futuramente poderem ser usadas com a elastografia, e gerando dados também, para os simuladores em tempo real.

Objetivo de medir esta força é usar a imagem do ultrassom com a força que será lida pelo sensor, antes e depois, e usando cálculos de engenharia reversa para calcular a constante elástica do corpo estranho. Como se trata de um objeto em três dimensões tem tanto a compressão, quanto cisalhamento entre outras formas de deformação. Mas segue o mesmo pensamento da Lei de Hooke sendo ($F = -kX$). Tendo a Força e a posição, podemos calcular a constante elástica.

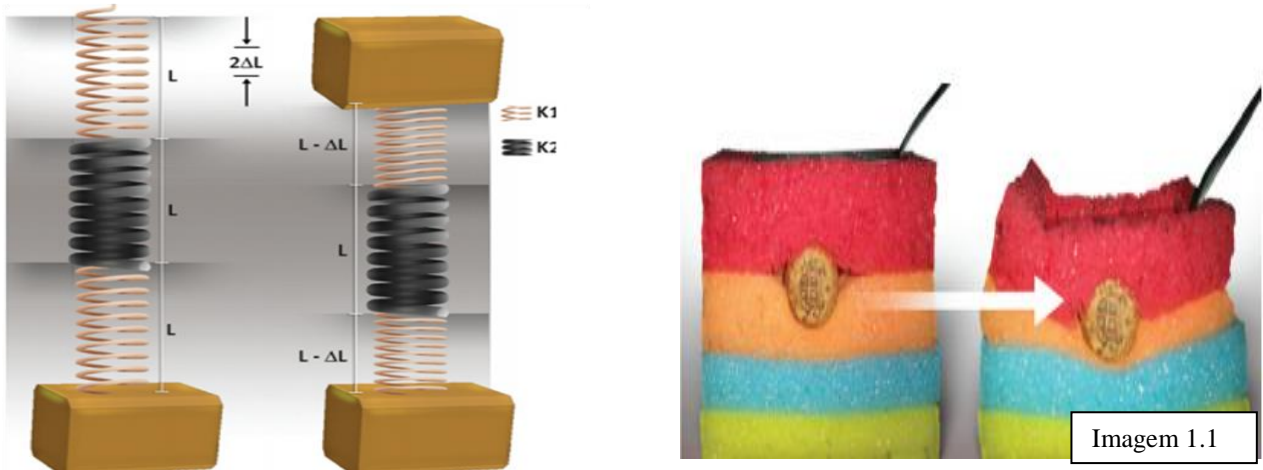


Imagem 1.1

Como podemos ver nas imagens, os corpos antes e depois de uma força ser aplicada. O primeiro caso é mais simples. Temos uma mola composta por duas partes com rigidez distintas, quando aplicamos uma força sobre este objeto, o mesmo se deforma de uma maneira singular, na qual, a parte com maior dureza se deforma menos e a mais mole se compacta mais, sabendo o quanto cada um deformou, representado na figura como ($L - \Delta L$) que seria largura inicial menos a variação, representando o comprimento final, sabendo essa força podemos então usando cálculos de engenharia reversa podemos quantificar o quão rígido é cada parte desta mola. Na segunda imagem é algo mais parecido com o que acontece na elastografia, na qual os tecidos são representados pelas camadas, e o tumor pelo círculo no centro. A elastografia nos dará a

imagem do antes e depois da força ser aplicada, e de modo semelhante a da mola, lendo a força durante este processo podemos então quantificar essa rigidez.

2. Metodologia:

Este trabalho tem o papel de se realizar várias análises de dados, que serão obtidas em laboratório, sendo comparados com algumas referências bibliográficas como o Datasheet dos componentes que serão utilizados.

Usaremos a interface da placa ARDUINO, que é programada em um computador, em código similar a linguagem computacional C/C++. Sendo assim, necessário um estudo, tanto na linguagem C/C++, quando no uso da placa ARDUINO, sendo o estudo do ARDUINO dado pela disciplina ofertada na FUP, simulação de ensino de Física, com o professor Ismael Victor de Lucena Costa, na qual foi ministrada no 2º semestre de 2014.

O sensor de força utilizado foi escolhido devido ser feito de um material elástico podendo ser acoplado posteriormente no ultrassom. Para sabermos se o sensor poderia ser utilizado, tivemos que realizar testes para achar a equação que transforma o valor dado por ele na força aplicada.

Saber como o sensor de força funciona é de extrema importância. Para sabermos qual o intervalo de força ele funciona melhor, se a margem de erro é aceitável e se essa margem de erro é linear em qualquer valor aplicado. Testamos todas as resistências em paralelos para otimizar seu funcionamento no intervalo de força que queremos utilizar posteriormente.

Usamos uma prensa conforme a imagem 1,3 e íamos adicionando pesos em cima desta prensa. Pesos que foram medidos em balança de precisão tendo todos 50 gramas mais o peso da prensa em si que era em si 60 gramas. Sendo medidos desde a prensa sozinha até 15 pesos de 50g. Totalizando 750g dos pesos mais 60g da prensa.

Todos os gráficos que serão mostrados neste trabalho são gráficos da média dos valores da leitura de 10 medidas para cada valor de força. Para diminuirmos o erro humano das medidas.

2.1 Arduino

“O Arduino é uma plataforma de computação física de fonte aberta, com base em uma placa simples de entrada/saída” (MASSIMO BANZI – 2012 no livro Primeiros passos com o Arduino). Usaremos o Arduino com o intuito de que ele é de fácil acesso, por se tratar de um hardware livre, na qual o seu programa de interface pode ser baixado no ‘WWW.arduino.cc’, e lá também consta todas as informações de como fazer sua própria placa de Arduino, também tem vários modelos a serem vendidos pré-montadas. Para essa placa, existem vários componentes que podem se trabalhados de diversas formas e vontades. No Arduino além da parte física, ele exige que se faça um programa de interação na qual já existe o programa de código aberto de interface que pode ser baixado no link passado anteriormente, e a linguagem utilizada é similar a C/C++,

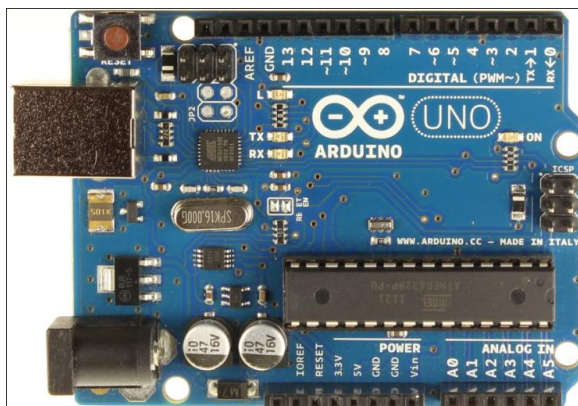


Imagem 1.2

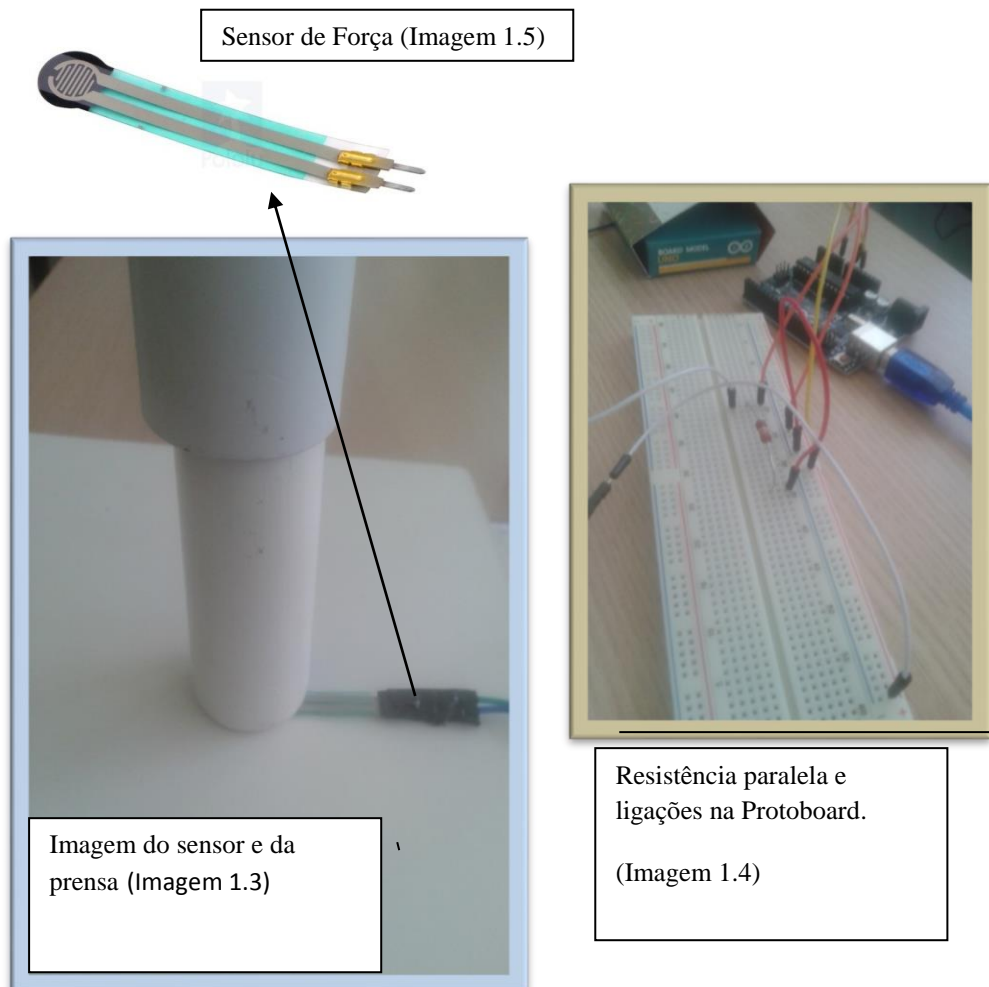
para que neste código estejam especificando as medidas e os sensores que serão utilizados.

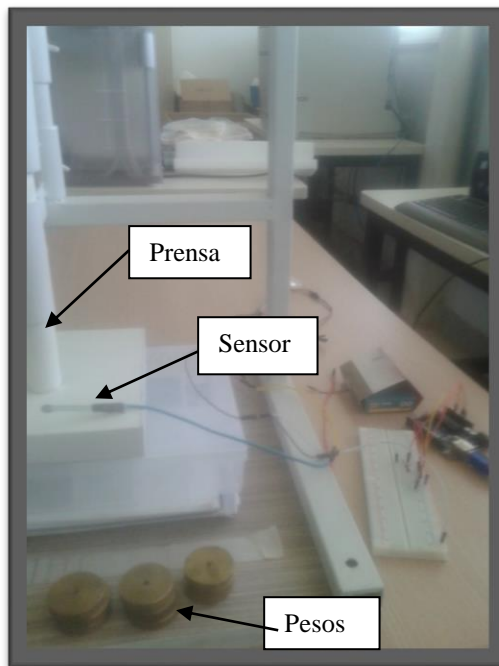
2.2 Linguagem C/C++ no Arduino

C/C++ é uma linguagem de programação, e é a linguagem usada pela plataforma operacional do Arduino, o programa que usaremos será de simples notação, não precisando de um ótimo programador para executá-lo, e que seja de fácil entendimento, usando poucos códigos.

2.3. Sensores de Força

- a) Usaremos sensores de forças que na elastografia com o ultrassom, existem duas imagens a serem obtidas, uma antes de ser aplicada uma força e outra durante a aplicação da mesma, na qual a elastografia consiste em trabalhar com essa diferença de imagens, no caso os sons obtidos que são convertidos em imagens por um computador, com o sensor de força queremos medir essas forças aplicadas para aprimorar as medidas obtidas, na qual a elastografia consta somente com o tempo de resposta dos sons emitidos pelo o ultrassom, queremos adicionar os valores das forças para melhorar os dados obtidos. O sensor de força que usaremos, funciona da seguinte maneira: Ele é um resistor que tem sua resistência interna variável, sua resistência diminui de acordo com a pressão aplicada.



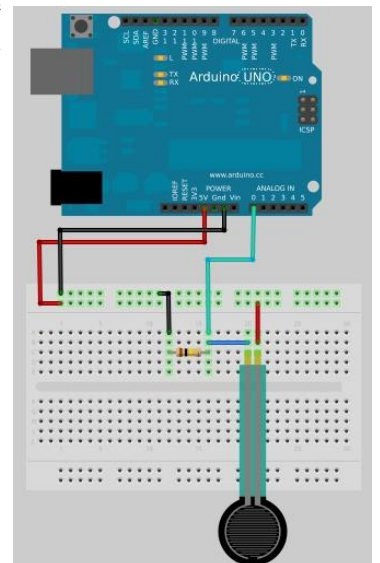


Sensor + Prensa +
Protoboard + Pesos +
Arduino

(Imagem 1.6)

- b) O sensor de força é um resistor que tem sua resistência variável conforme a pressão que é aplicada, porém se esta força for muito grande (para o sensor este limite é de 100g à 10kg) a resistência tende a zero, necessitando de uma resistência secundária fixa, para suas resistências serem somadas. Sendo que dependendo da força que for utilizada essa segunda resistência pode ser alterada, desde 100k até 2k Ω . Devido essa imprecisão da segunda resistência, foi necessária fazer o texto com varias resistências possíveis, para assim, julgarmos qual é a melhor resistência para podermos usar em nosso trabalho posteriormente.

Imagem 1.7 – esquema
sensor, resistência paralela e
Arduino.



- c) O sensor de Força ao ser pressionado por uma força, na qual usávamos pesos definidos, quando esses pesos eram deixados por muito tempo, o valor da leitura, aumentava, mesmo que se deixasse a força constante. Mas assim que retirávamos o peso de cima do sensor, e os colocávamos novamente, o valor da leitura voltava para os primeiros valores obtidos.

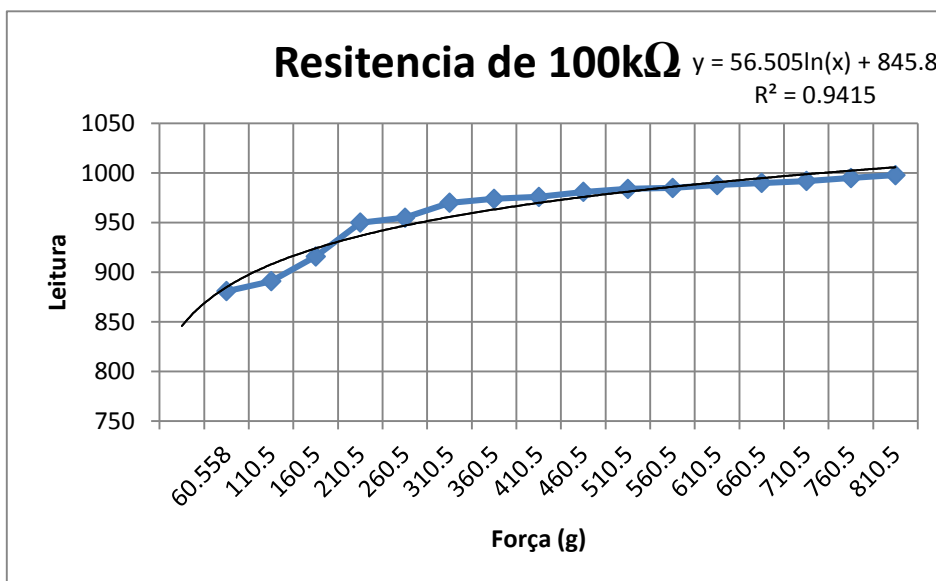
2.4. Linearização do sensor de força

O sensor de força como já foi explicado, funciona com sua resistência interna variando conforme a pressão sofrida, e sua saída de dado, é saída não com o valor da força em específico, e sim, com a variação de voltagem na saída, que varia de 5 volts a mais ou menos 0.4 volts, e como uma saída analógica do Arduino, seu valor varia de 0 a 1024, neste sensor em específico sua linearidade é na forma de logaritmo como diz no datashet do fabricante, usamos um gráfico para achar a equação exata da curva. Sabemos que com a resistência em paralelo podendo ser alterada, de acordo com a limitação de força que será exercida no sensor, essa curva vai sendo modificada, na qual precisamos identificar a melhor curva para nossa aplicação, porem existe a possibilidade de usarmos o amplificador operacional para melhorar nossa saída de dados.

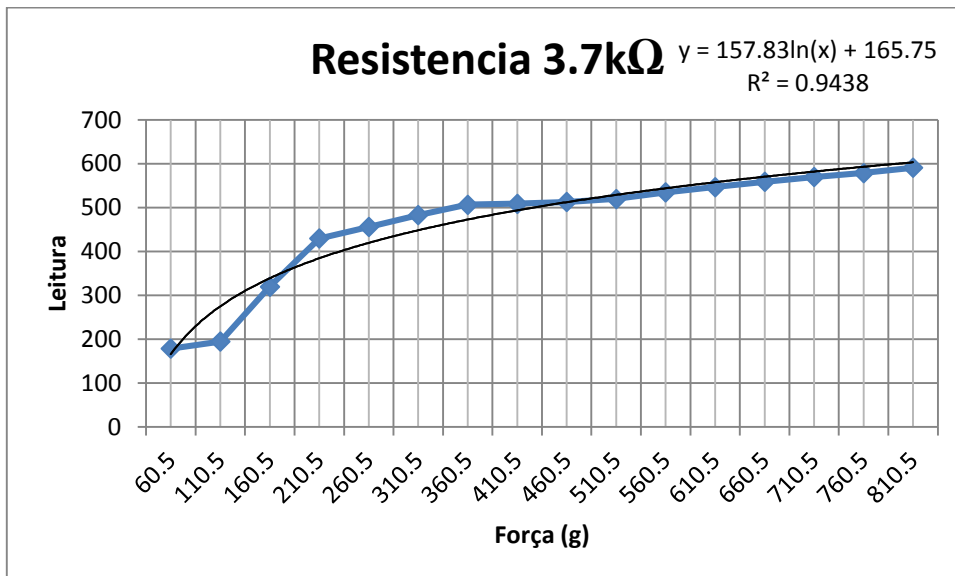
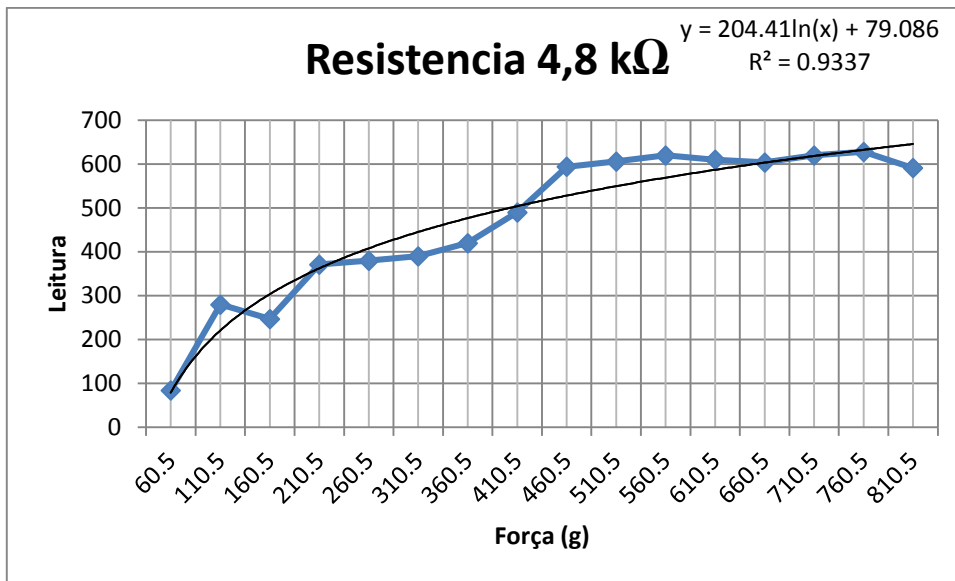
3.Resultados:

3.1.Gráficos (Leitura x Força)

3.1.1 Primeira leitura a ser realizada, igual a da imagem 1.7, sensor conectado a protoboard, ligada a resistência secundaria que nesse primeiro caso é de 100kΩ e depois ligada a placa Arduino conforme ilustrada no esquema.



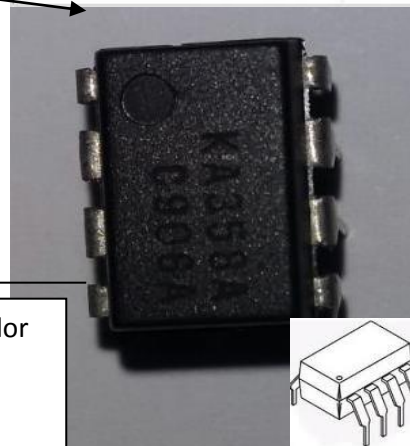
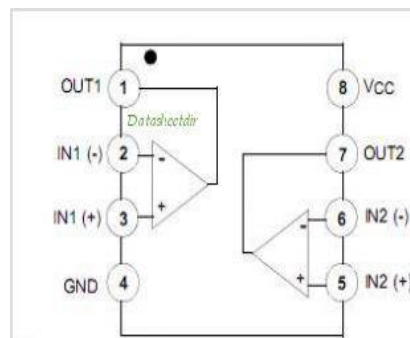
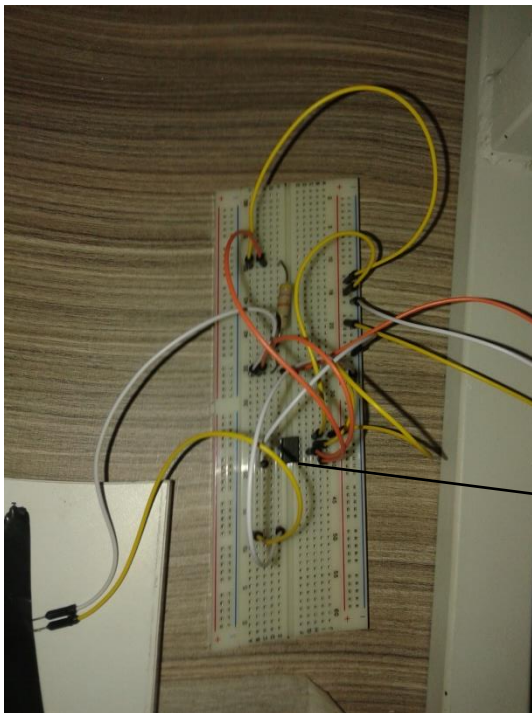
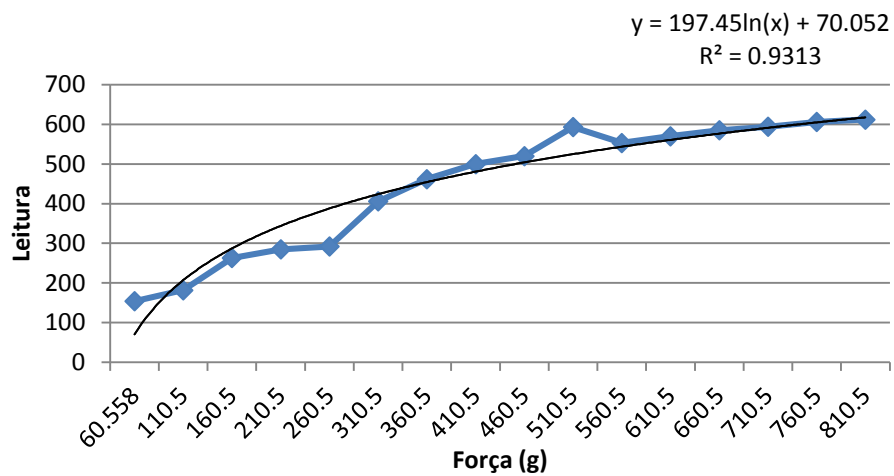
3.1.2. Depois da primeira leitura, analisando o gráfico os dados entre as leituras ficaram muito próximos, para nosso trabalho queremos medir forças pequenas que vão até 1kg de força, então usamos mais duas resistências de 4.8kΩ e 3.7kΩ, para tentarmos melhorar essa saída das leituras realizadas pelo sensor.



3.1.3. Mesmo realizando a montagem com resistências menores, os gráficos mostraram uma pequena diferença entre as leituras o que nos dificulta interpretar ao certo a força aplicada, quando formos usar o sensor na prova de ultrassom, na qual vamos ter o valor da leitura, sendo convertido em força, dado a equação do gráfico obtida, só que se as leituras forem muito próximas uma da outra isso tornará mais difícil trazendo uma maior imprecisão na força real aplicada. O livro (FSR Force Sensing Resistor Integration Guide and Evaluation Parts Catalog – Interlink Electronics) apresenta uma forma de melhorar as leituras obtidas, usando o sensor de força com um amplificador operacional e a segunda resistência em paralelo.

A leitura com o amplificador operacional e a resistência de 4.7k Ω

Resistencia 4.7kΩ e amplificador



O amplificador operacional
(Imagem 1.8)

4.0. Conclusão:

Com os testes realizados, percebemos que é de total aplicabilidade real destas medidas, tendo em vista usar em conjunto com a prova de ultrassom. E que o formato do sensor também nos proporciona uma facilidade de ser equipado no ultrassom. O seu tempo de resposta também é muito rápido.

Com isso visamos num próximo trabalho coletar dados de elasticidades de objetos variáveis, usando a força dado pelo sensor, e a deformação no ultrassom antes e depois de ser aplicada a força. E esses dados são muito importantes, por exemplo: para criar os modelos mais reais em simuladores, que podem ser usados em diversas ocasiões, como no treinamento de médicos, e treinos de cirurgias complicadas com diz o autor do texto Simulação em tempo real fisicamente baseada de tecidos moles com fluido e fibras em seu interior Costa (2012).

5.0. Referencias Bibliográficas:

Banzi;M.; Primeiros passos com o Arduino,; Novatec;(2012)

Costa; R.S del; **‘Deformação de biomembranas com retorno de força para treinamento médico em realidade virtual’**; (2013) Universidade de Brasília – Faculdade UnB Planaltina; Programa de pós-Graduação em ciências de materiais;

Costa; I.F.; Projeto de pesquisa (2012); Pagina do projeto “WWW.sites.google.com/unbivan

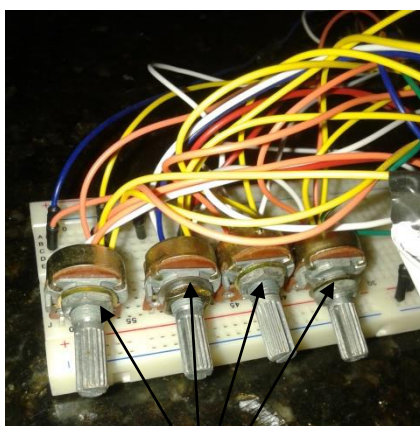
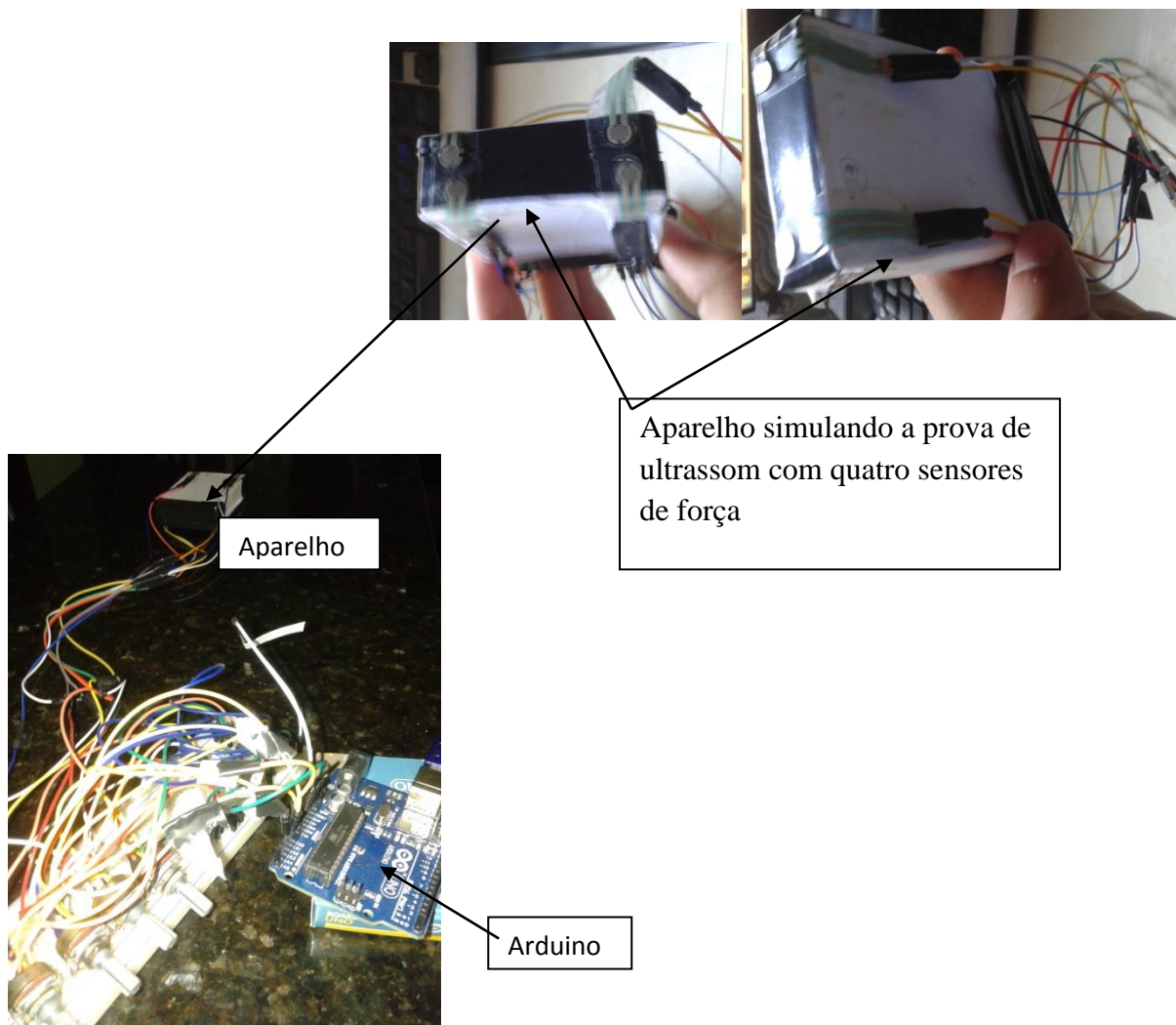
Costa; I.F.; Simulação em tempo real fisicamente baseada de tecidos moles com fluido e fibras em seu interior;

INTERLINK ELECTRONICS; FSR Force Sensing Resistor Integration Guide and Evaluation Parts Catalog; 400 Series Evaluation Parts Whith Suggested Electrical Interfaces; WWW.interlinkeleetronies.com

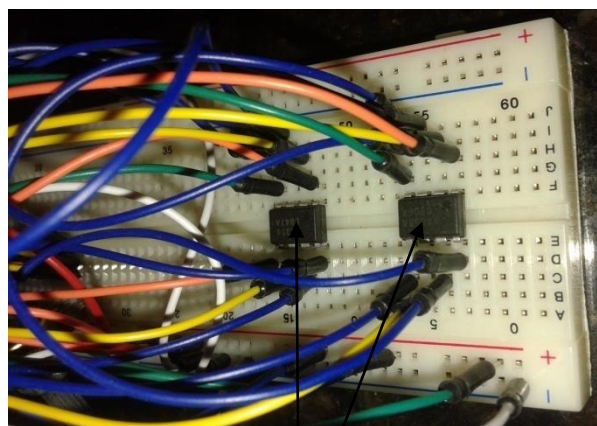
Pardal; R.C.; Abrantes;A.F.L.; Ribeiro;L.P.V.; Almeida;R.P.P.; Azevedo;K.B.; Figueiredo;T.L.; Rodrigues;S.I.; “Rastreo de lesões mamárias: estudo comparativo entre a mamografia, ultrassonografia modo-B, elastografia e resultado histológico” ; (2013) Colégio Brasileiro de Radiologia e diagnóstico por imagem. Radiol Bras. Jul/Ago;

Pavan; T.Z.; Neves; L.P.; Carneiro; A.A.O.; Elastografia por ultra-som; Agosto de 2008; revista ciência hoje;

Anexo



Para quatro sensores quatro resistências paralelas, sendo que no projeto final são resistências variáveis, Potenciômetros de 0 a 10k Ω .



Um mesmo amplificador pode ser usado para dois sensores. Tendo que pros quatro sensores foram usados apenas dois amplificadores operacionais.

Escrita do programa na plataforma do Arduino dos sensores de força:

```
int S1=0;
int S2=0;
int S3=0;
int S4=0;
int Senpin1=A0;
int Senpin2=A1;
int Senpin3=A2;
int Senpin4=A3;
byte chave =0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  S1=analogRead(Senpin1);
  S2=analogRead(Senpin2);
  S3=analogRead(Senpin3);
  S4=analogRead(Senpin4);

  if(S1>40){
    chave = 1;}
    if(S2>40){
      chave = 1;}
      if(S3>70){
        chave = 1;}
        if(S4>40){
          chave =1;}

    if(chave==1){

      Serial.print ("sensor 1 - ");
      Serial.print (S1);
      Serial.print ("  sensor 2 - ");
      Serial.println (S2);
      Serial.print ("sensor 3 - ");
      Serial.print (S3);
      Serial.print ("  sensor 4 - ");
      Serial.println (S4);
      Serial.println(" ");
      delay(200);
      chave = 0;
    }

  }
```